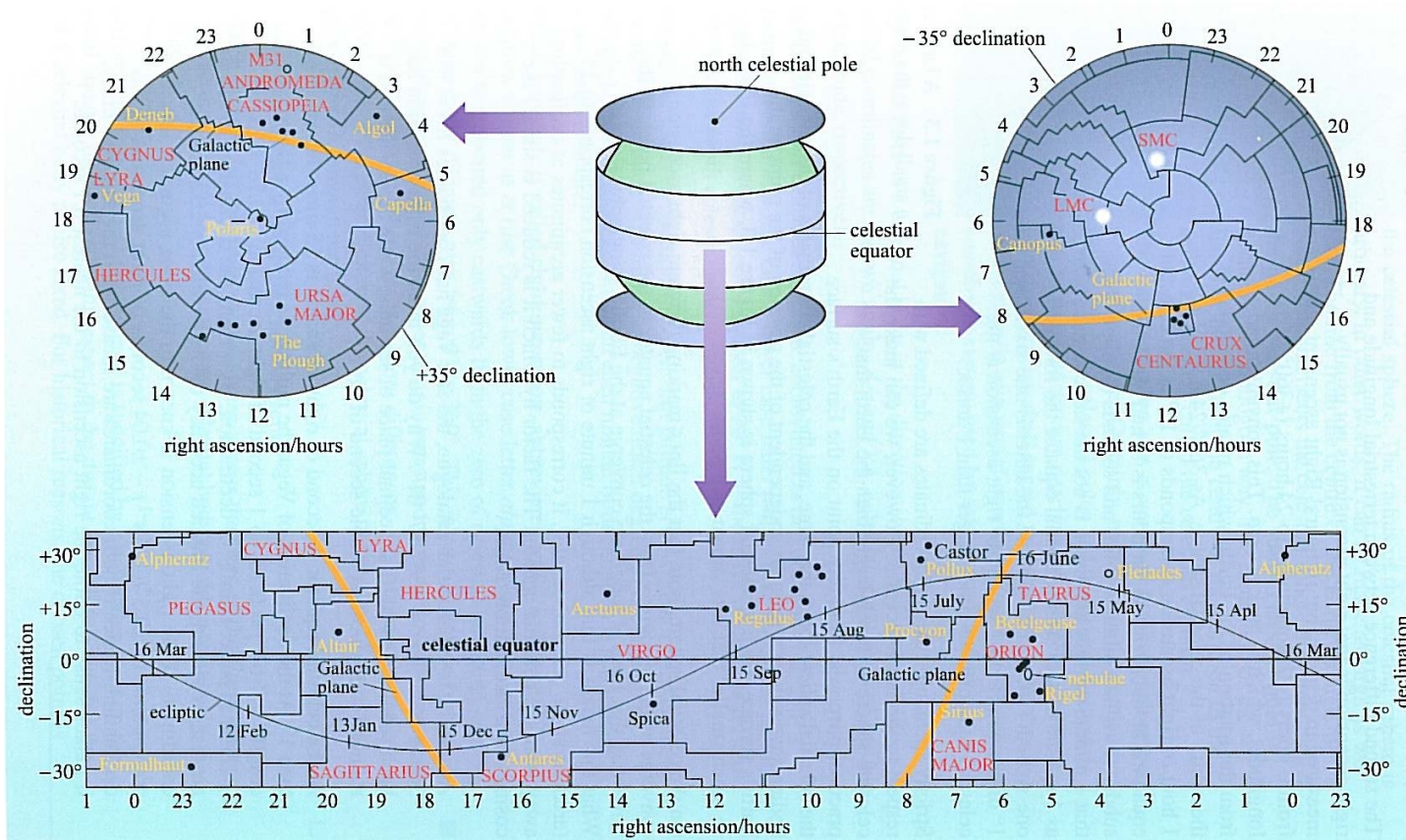


# ASTRONOMÍA DE POSICIÓN



# Proyección en la esfera celeste



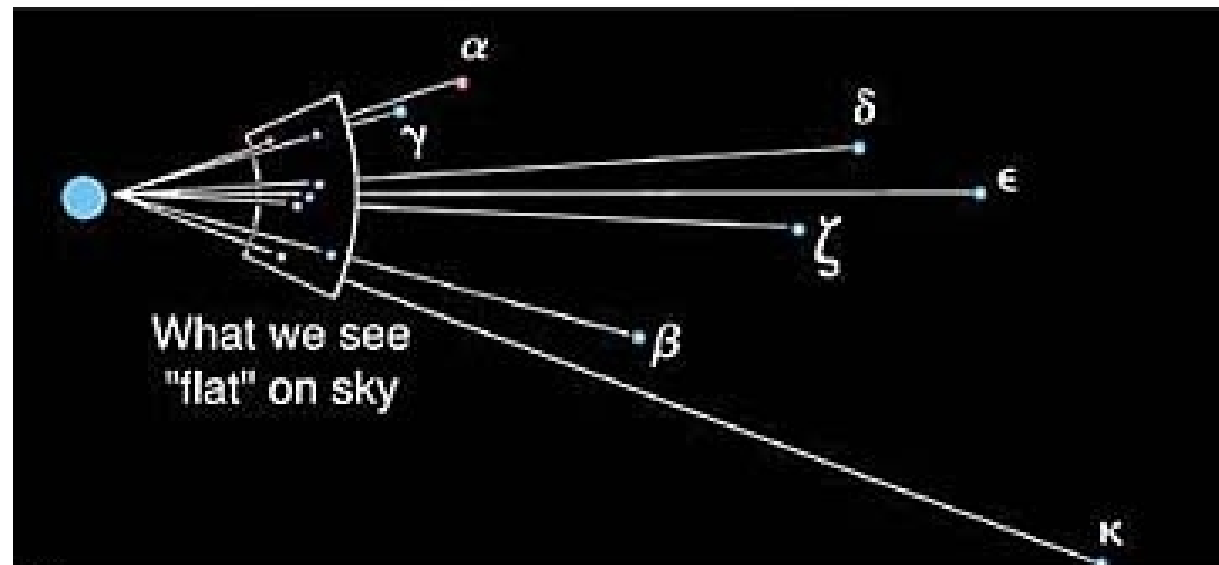
(a)



(b)

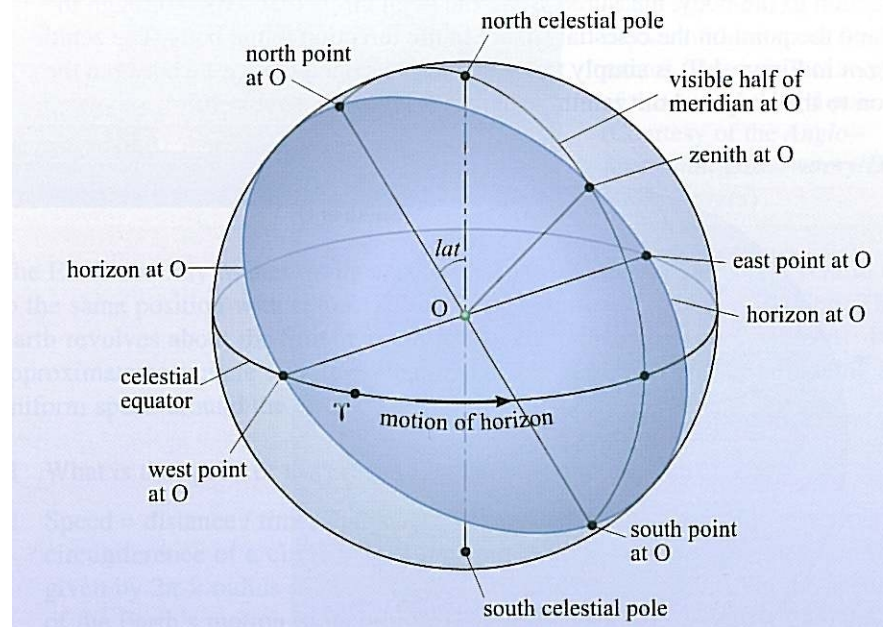
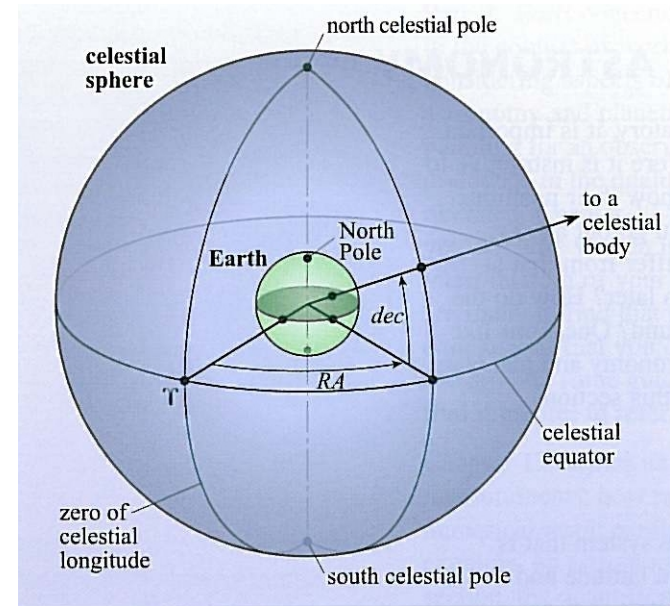
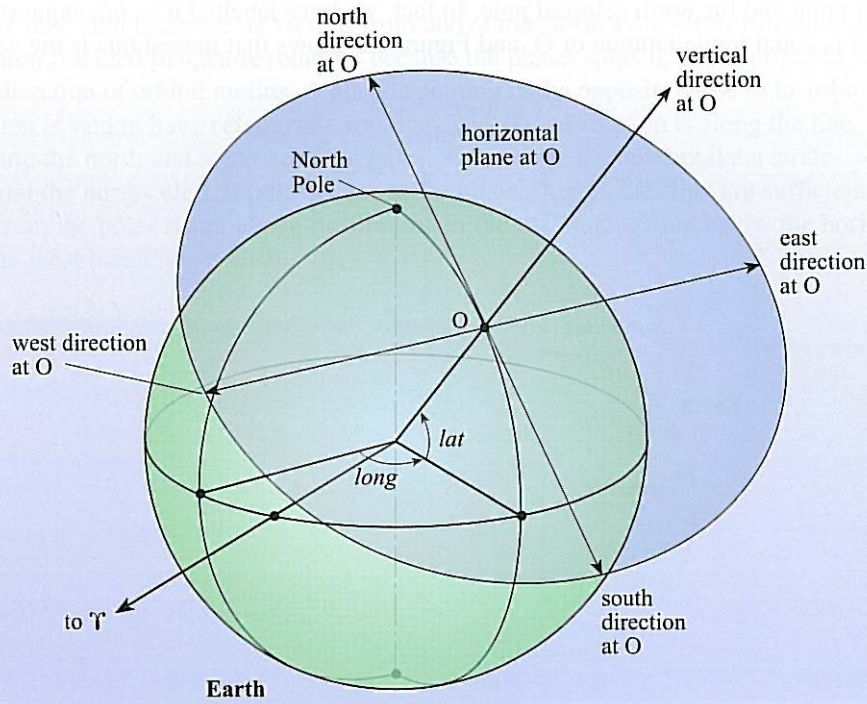


- Aunque hoy sabemos que los objetos astronómicos están distribuidos en tres dimensiones, sigue siendo cómodo describir sus posiciones en el cielo sobre la “esfera celeste” siendo su distancia a nosotros la tercera dimensión

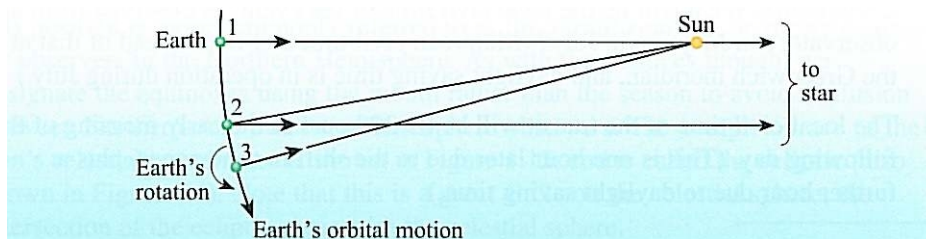
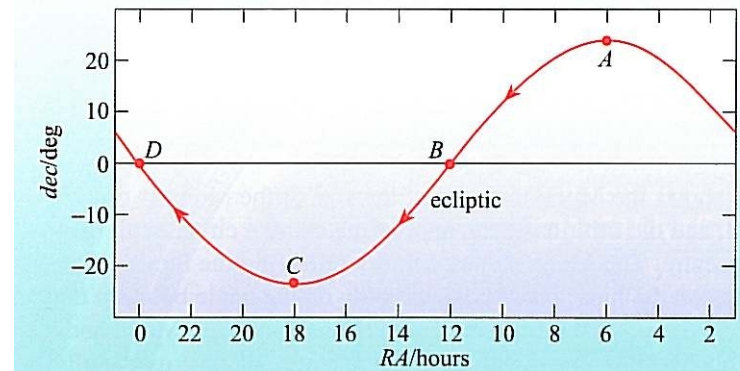
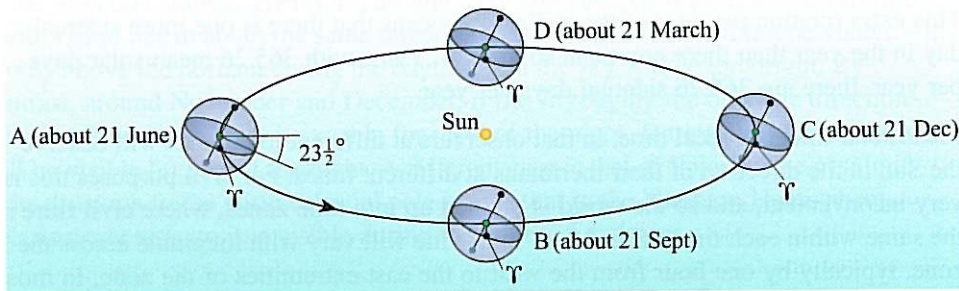


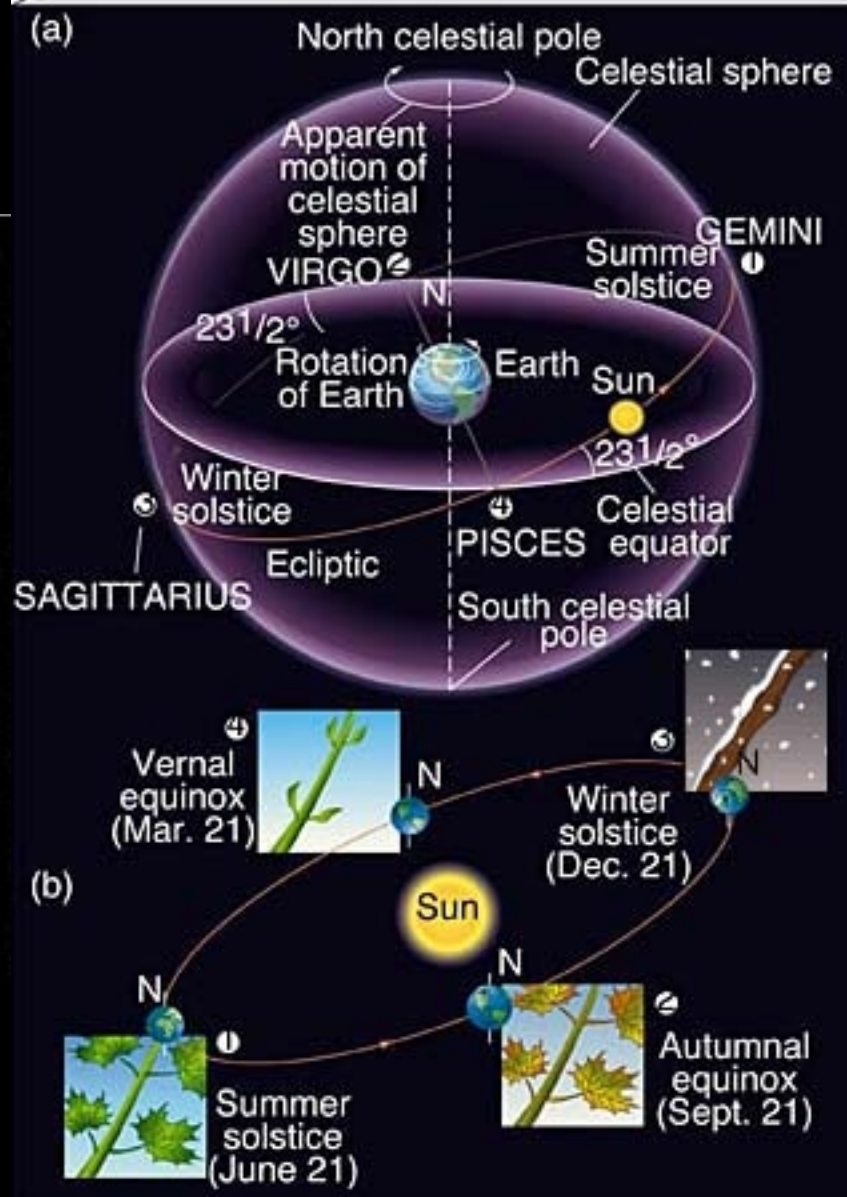
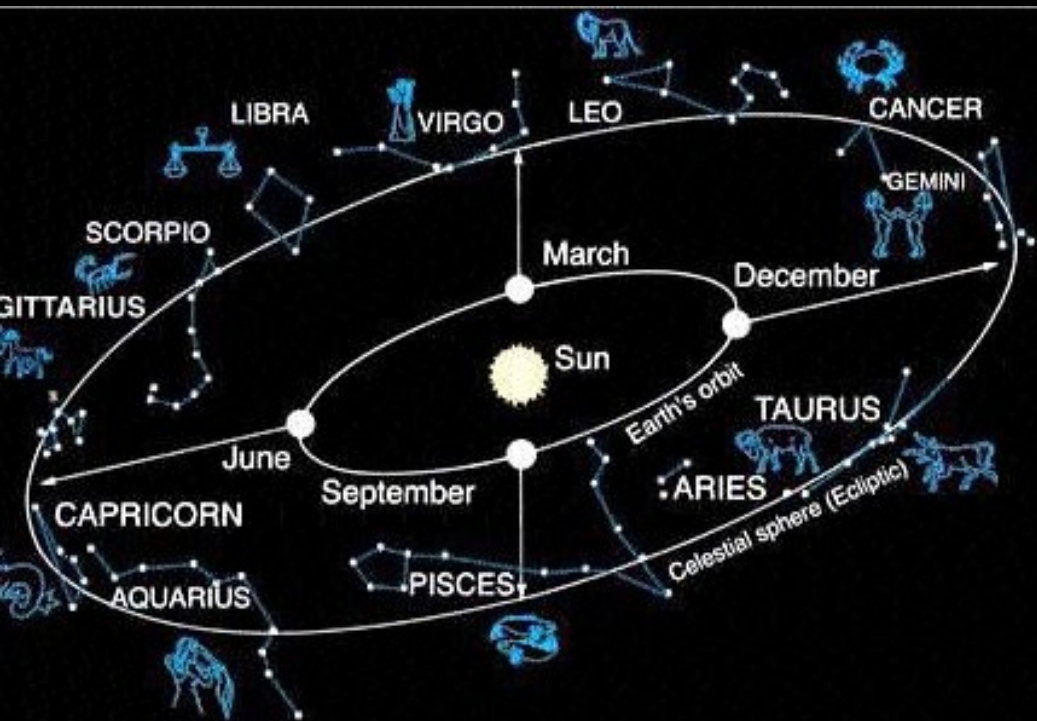
(c)

# Coordenadas celestes



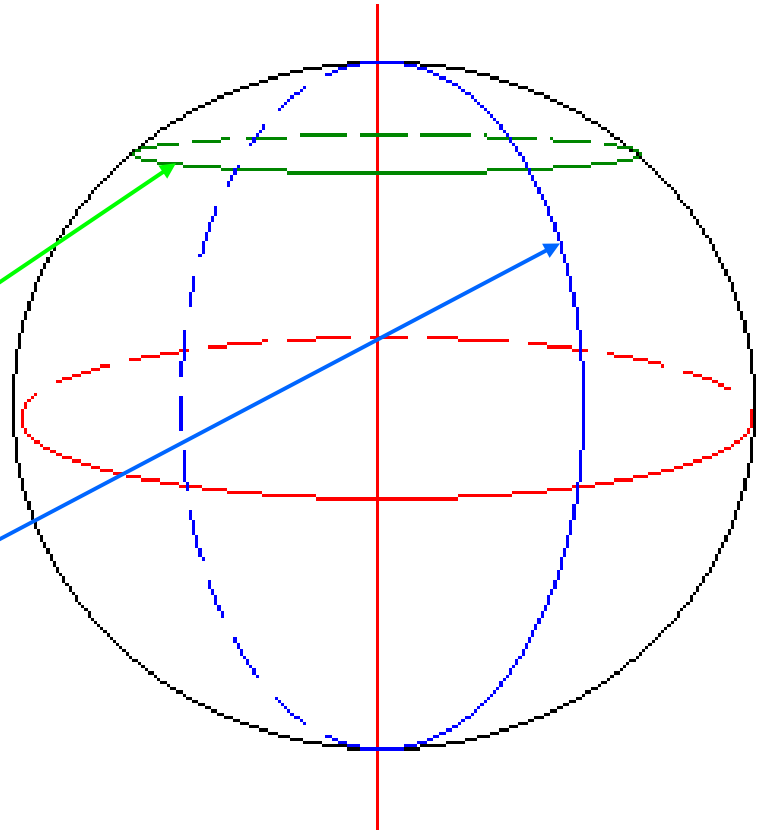
# Movimientos diurno y anual





# Trigonometría esférica

- Trata los ángulos y triángulos sobre la esfera
- Círculos máximos:
  - Circunferencias cuyo centro es el de la esfera
  - Un arco de cmáx es la distancia mínima sobre la esfera
- Referencia:
  - **Ecuador y Polos**
  - Círculos en planos  $\parallel$  Ecuador: **paralelos** (no son cmáx)
  - cmáx en planos  $\perp$  Ecuador: **meridianos**
  - Un plano/eje y un punto definen coordenadas

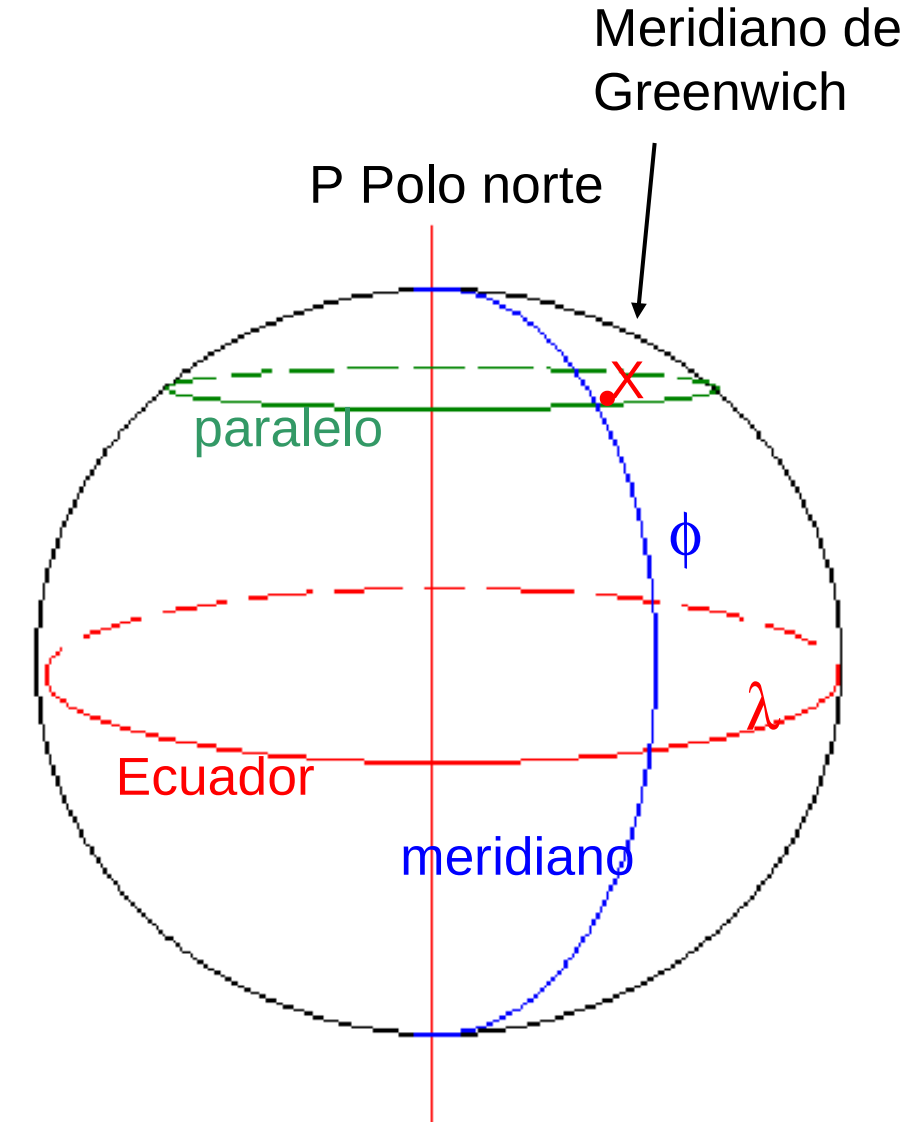
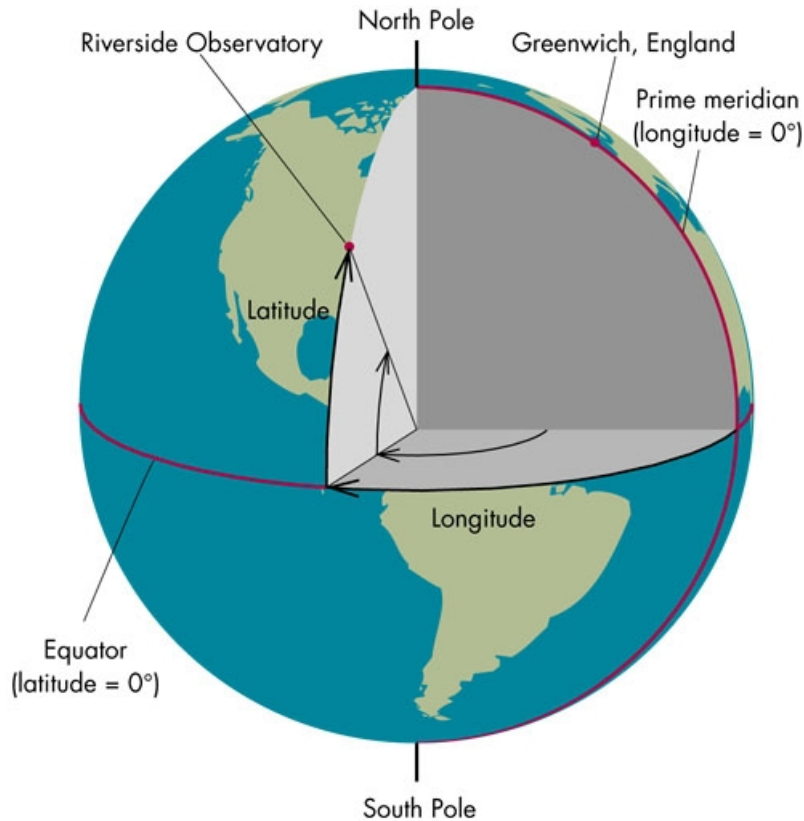


# Coordenadas Terrestres

- Coordenadas  $X$ :

$\phi$  latitud: altura sobre el ecuador ( $0^\circ$ - $90^\circ$  N o S)

$\lambda$  longitud: sobre el ecuador desde meridiano Greenwich ( $0^\circ$ - $180^\circ$  E u W)

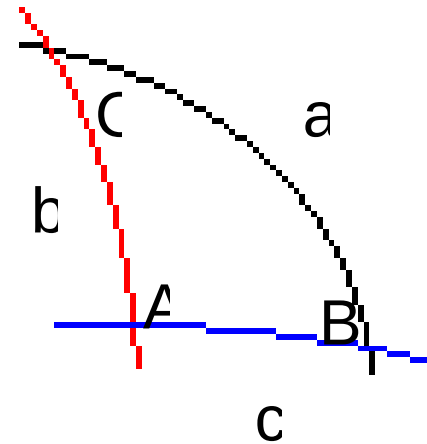


camino más corto entre dos puntos es un arco de cmáx

# Triángulos esféricos

- Formados por tres arcos de círculo máximo:

- $a+b>c$
- $A+B+C > 180^\circ$
- $A, B, C = 90^\circ$
- $A, B, C < 180^\circ$

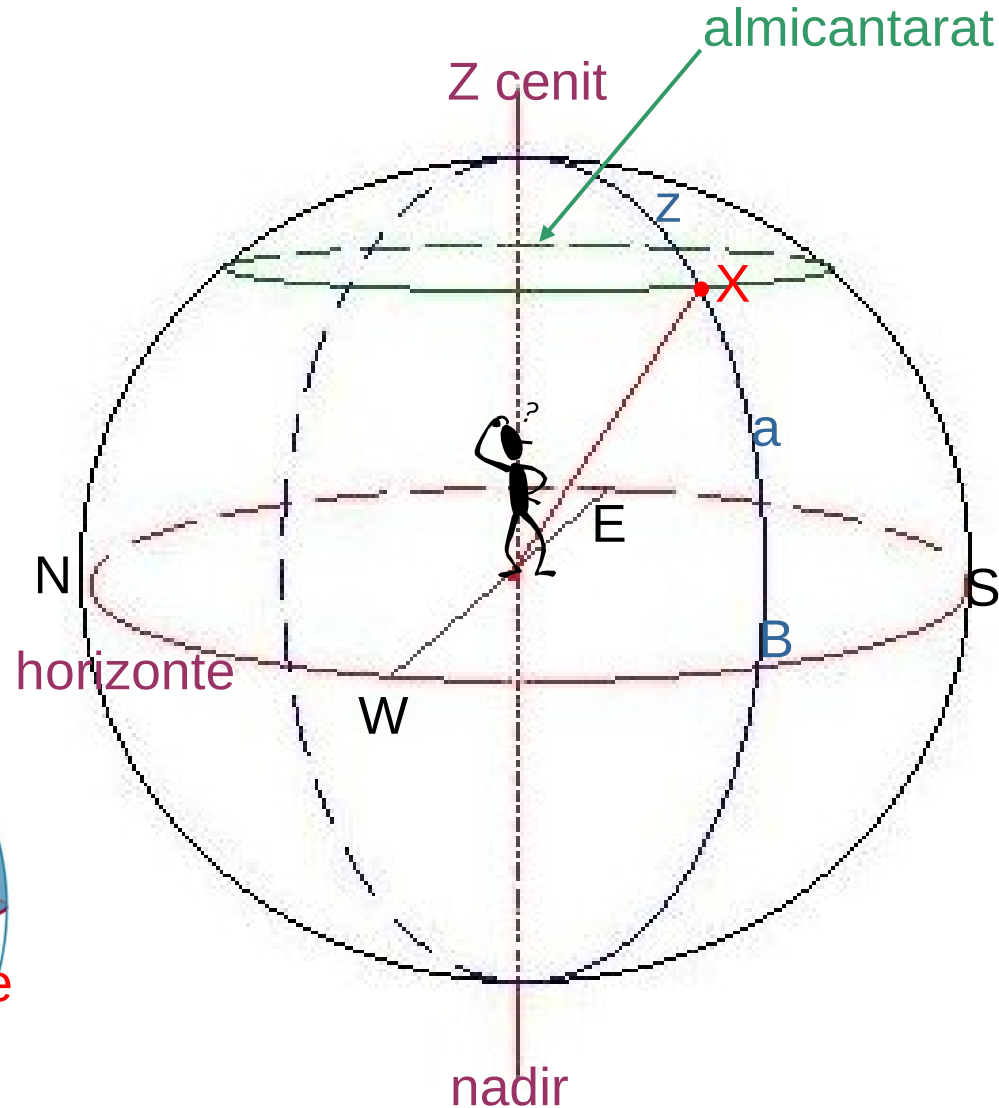
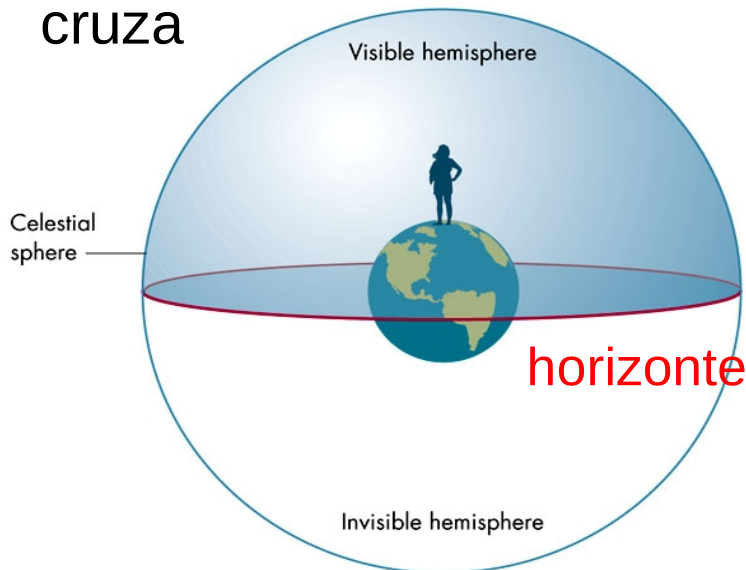


- Fórmulas similares a triángulos planos:

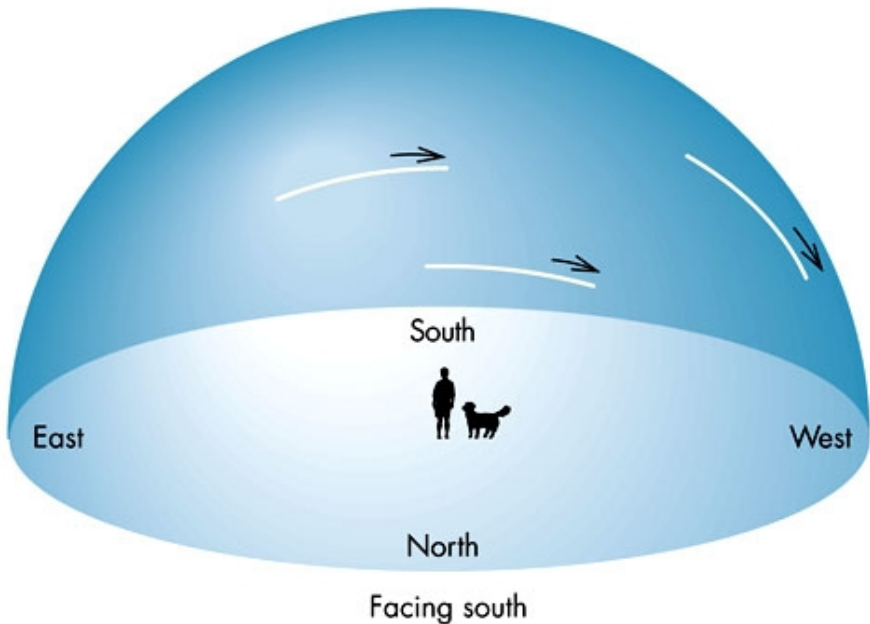
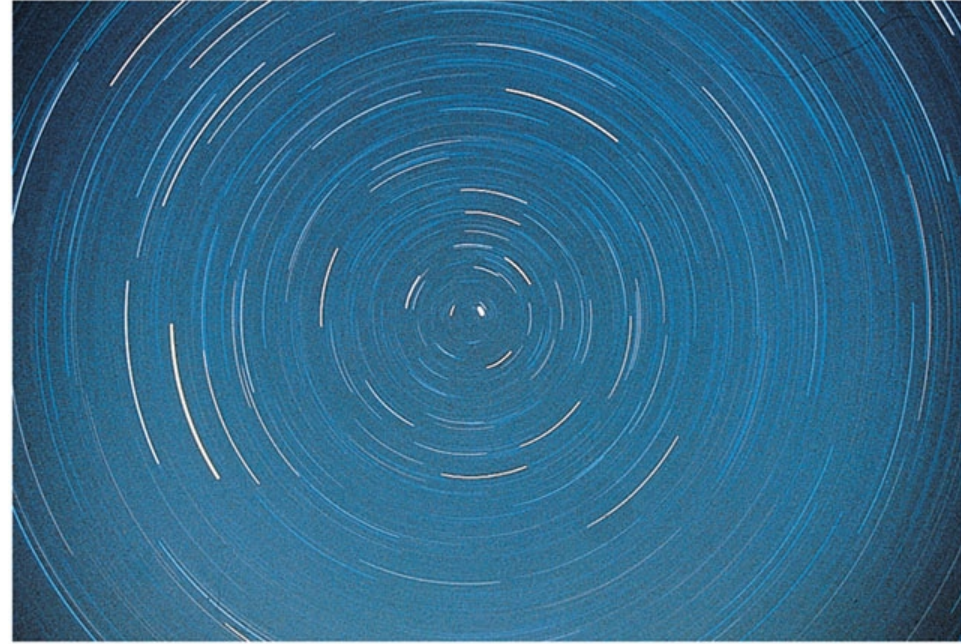
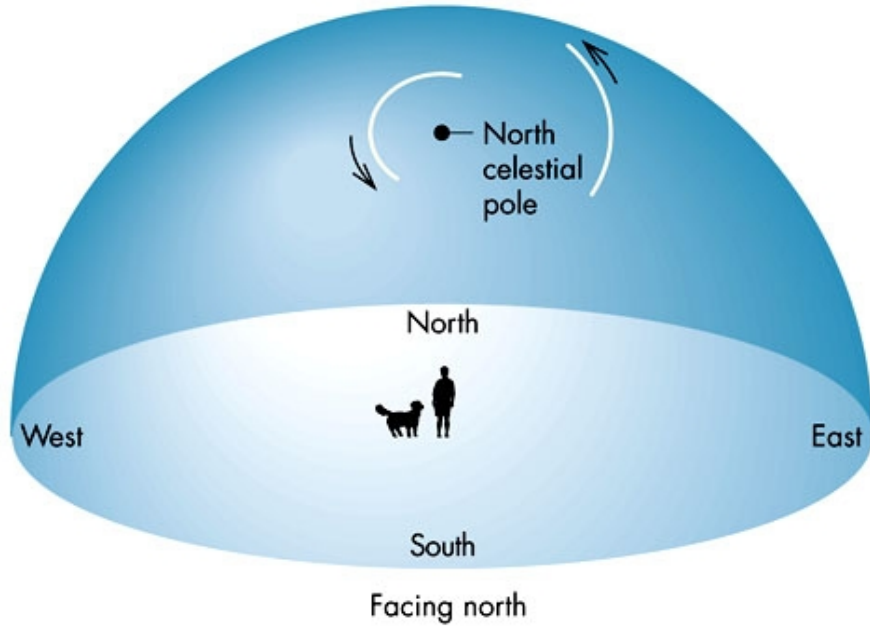
- seno:  $\text{sen } a / \text{sen } A = \text{sen } b / \text{sen } B = \text{sen } c / \text{sen } C$  (1)
- coseno:  $\cos a = \cos b \cos c + \text{sen } b \text{sen } c \cos A$  (3)
- análoga a coseno:  $\text{sen } a \cos B = \cos b \text{sen } c - \text{sen } b \cos c \cos A$  (6)
- cuatro partes:  $\cos a \cos C = \text{sen } a \cot b - \text{sen } c \cot B$  (6)

# Coordenadas alto-acimutales

- Coordenadas **X**:
  - **a** altitud: altura sobre el horizonte BX ( $-90^\circ$  a  $90^\circ$ )
  - **z**= $90-a$  distancia cenital
  - **A** acimut: NESB sobre horizonte ( $0^\circ$  a  $360^\circ$ )
- Círculo NZS: meridiano del observador
  - Estrella culmina cuando lo cruza

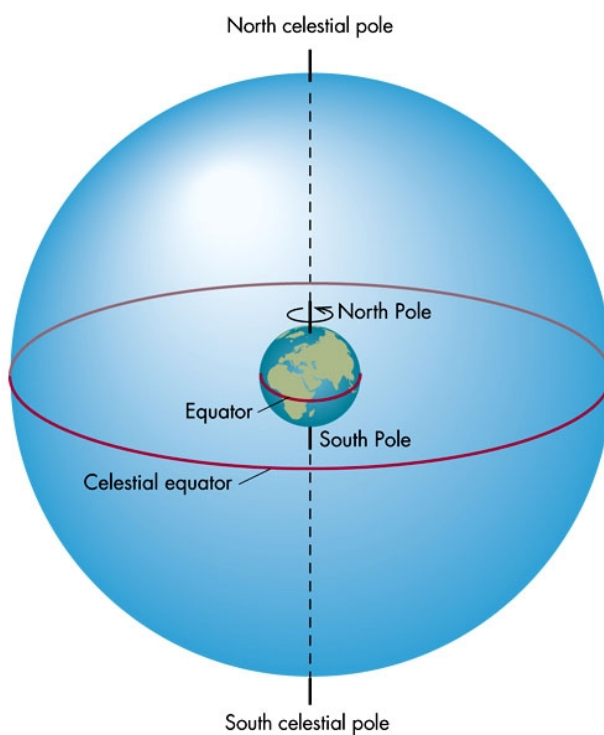


# Coordenadas alto-acimutales: problemas

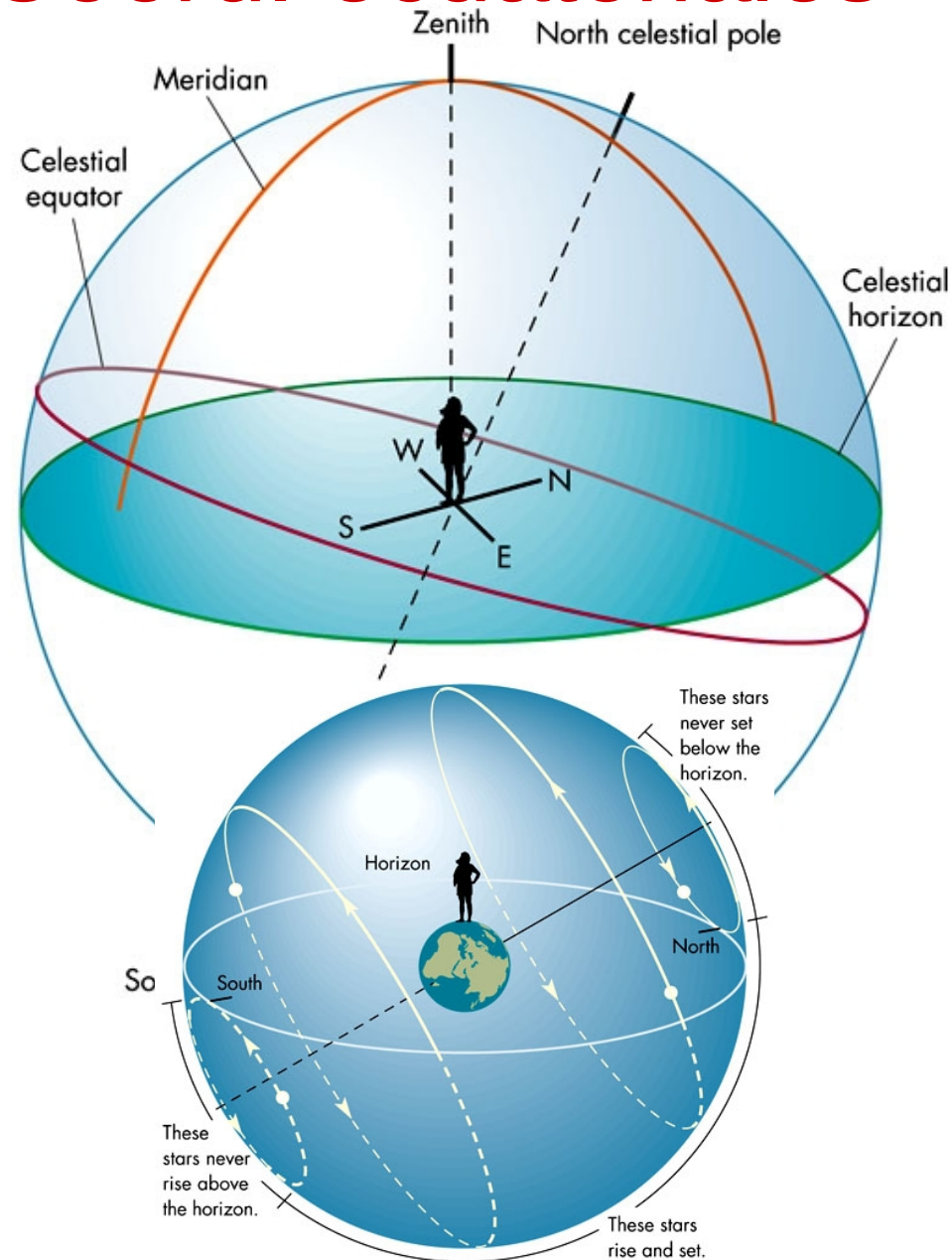


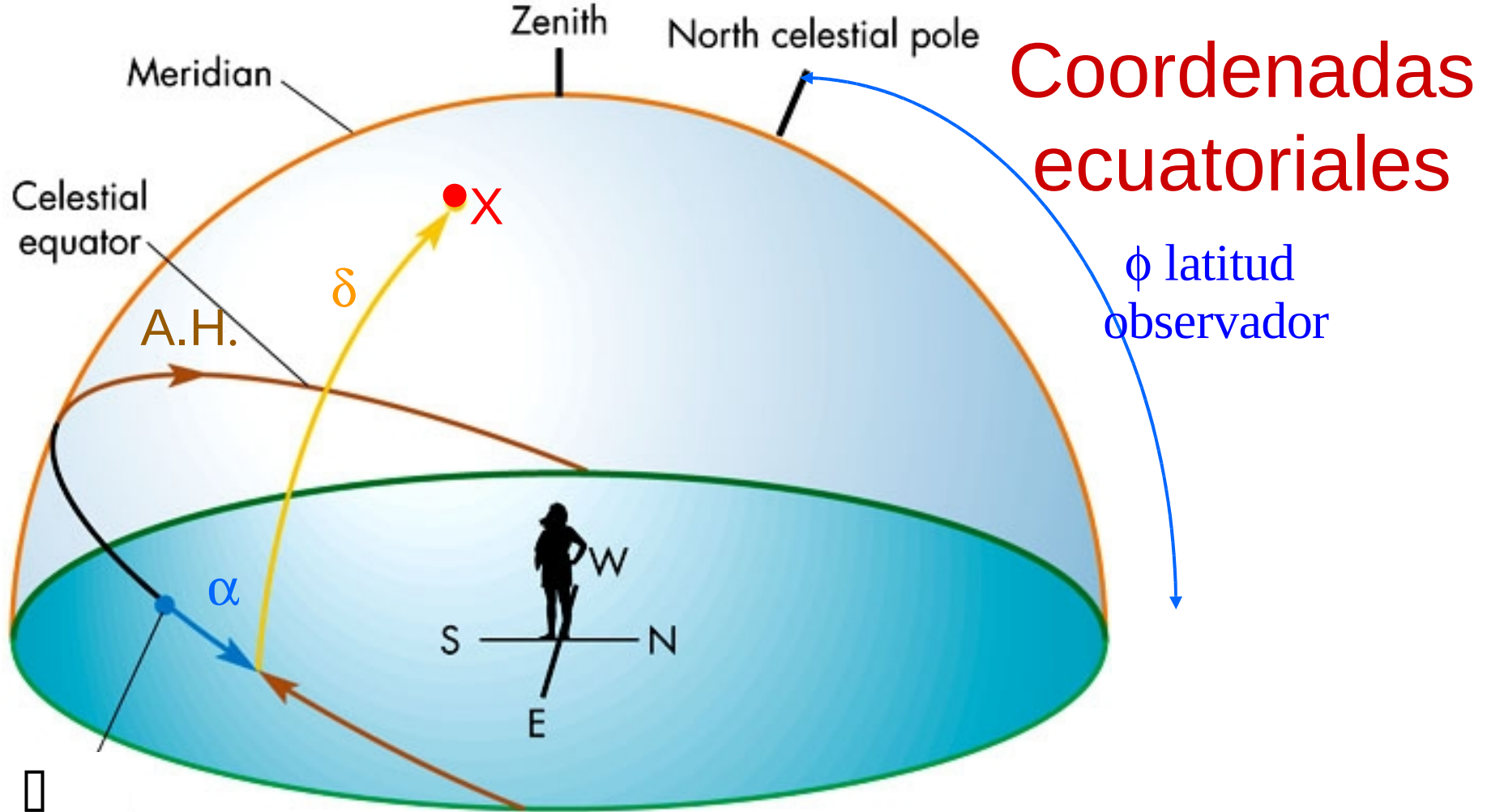
- Trayectoria estrellas complicada
- Sistema depende del observador

# Coord. ecuatoriales



- Proyección del Ecuador y los Polos terrestres sobre la esfera celeste
- Descripción “natural” del firmamento
- Objetos se mueven por “paralelos”





- **Coordenadas X:**

- declinación  $\delta$  ( $-90^\circ$  a  $90^\circ$ ) altura desde el ecuador,  $\phi = \delta$  cénit
- ángulo horario **A.H.** ( $0^h$  a  $24^h$ ) desde el meridiano: tiempo que ha pasado desde que la estrella culminó
- ascensión recta  $\alpha$  ( $0^h$  a  $24^h$ ) desde un punto fijo: □ equinoccio vernal

# Tiempo sidéreo

- $AH = TSL - \alpha$ , TSL tiempo sidéreo local

$$\forall \alpha_{\square} = 0 \rightarrow AH_{\square} = TSL$$

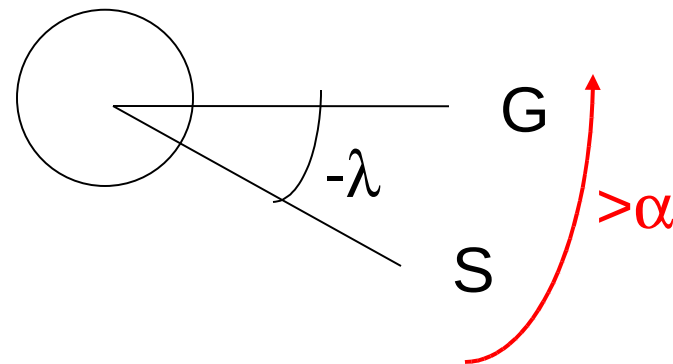
- Para un objeto en el meridiano del observador  $AH = 0$   
 $\rightarrow TSL = \alpha_{\text{meridiano}}$ : el TSL es la AR del objeto que en ese momento está cruzando el meridiano

$\forall \alpha$  crece hacia el E  $\rightarrow$  TSL crece durante la noche

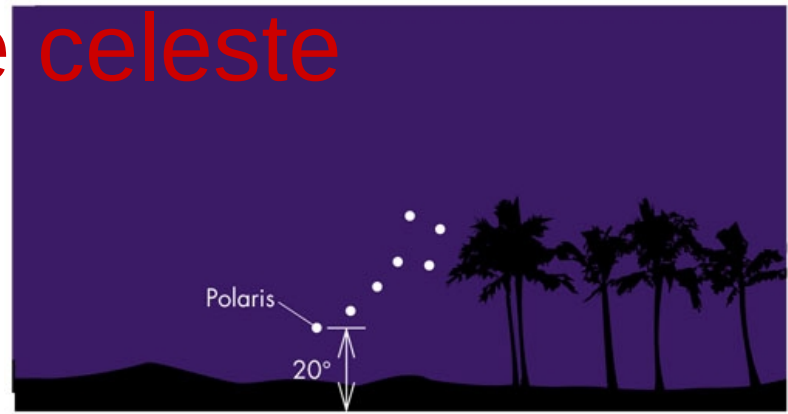
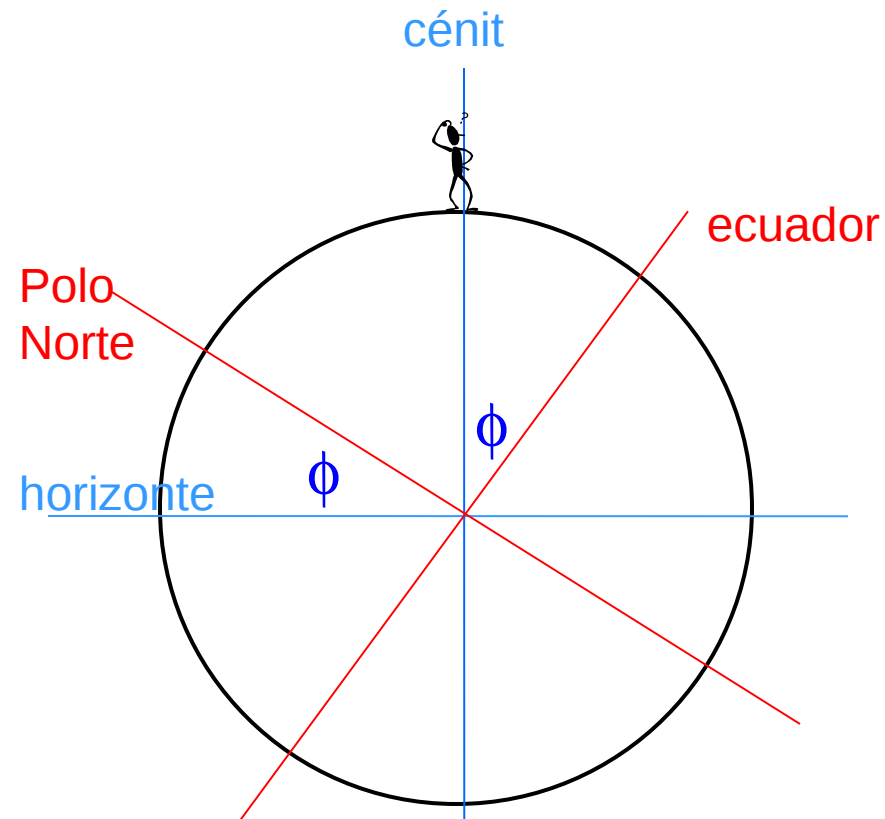
- En Greenwich  $TSG = TSL - \lambda$

- En general:

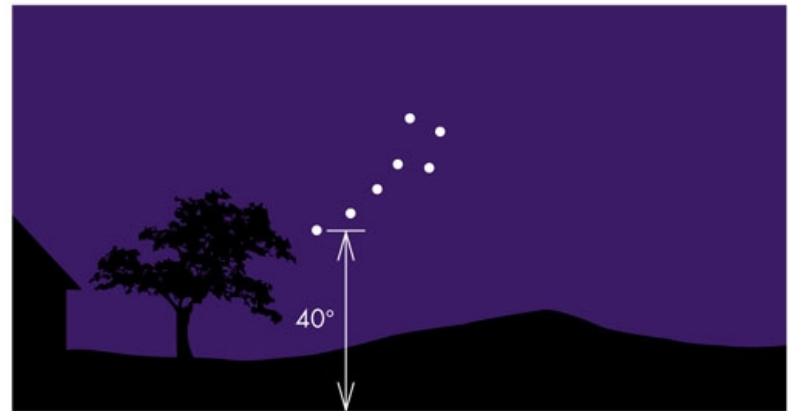
$$TSL' = TSL + \lambda' - \lambda$$



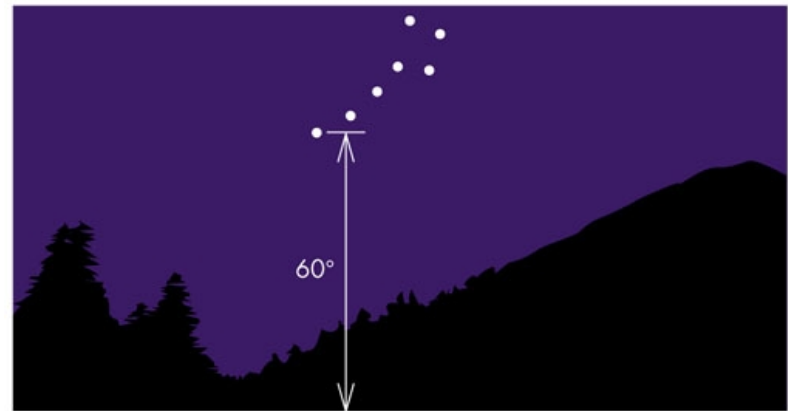
# Altura del Polo Norte celeste



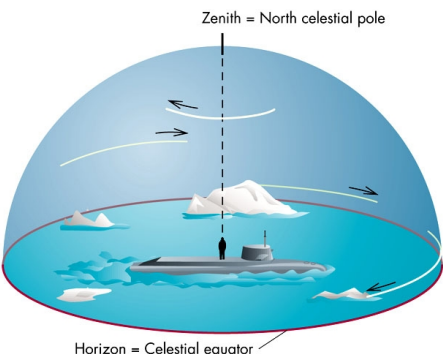
20° N Latitude



40° N Latitude



60° N Latitude





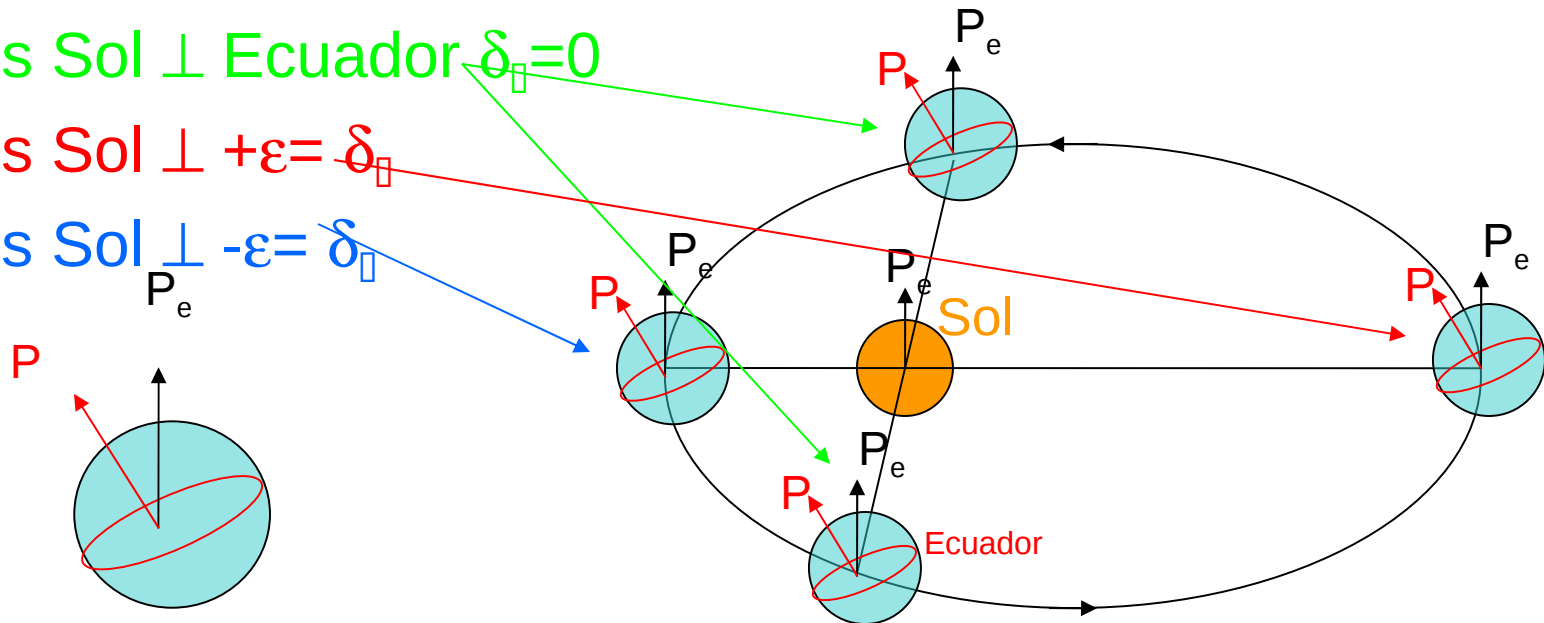
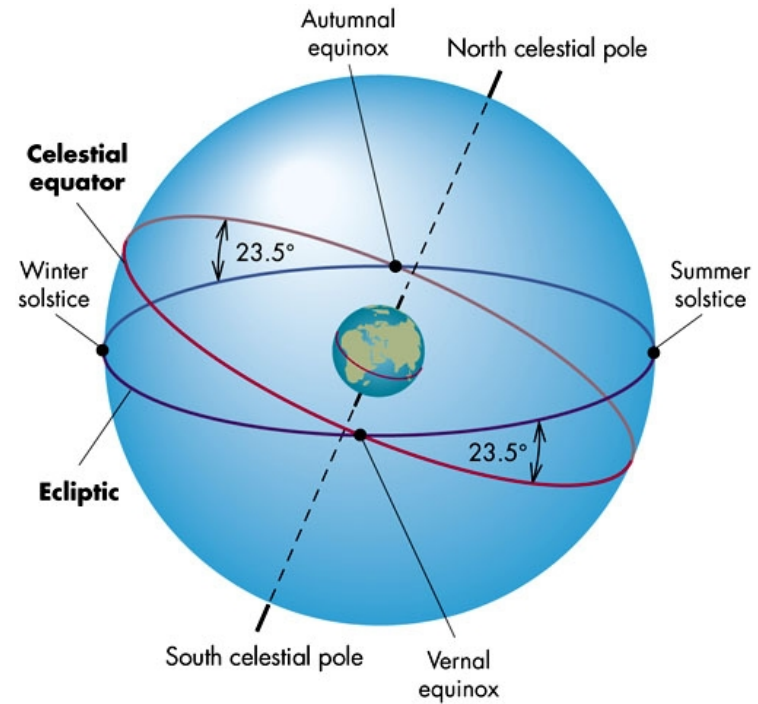
# La eclíptica

- La Tierra alrededor del Sol en plano eclíptica → Sol en eclíptica
- Ángulo entre ecuador y eclíptica  $\varepsilon = 23^{\circ}26'29''$  *oblicuidad de la eclíptica*
- Eje rotación Tierra  $\parallel$  →  $\delta_{\square}$  cambia:

– Rayos Sol  $\perp$  Ecuador  $\delta_{\square} = 0$

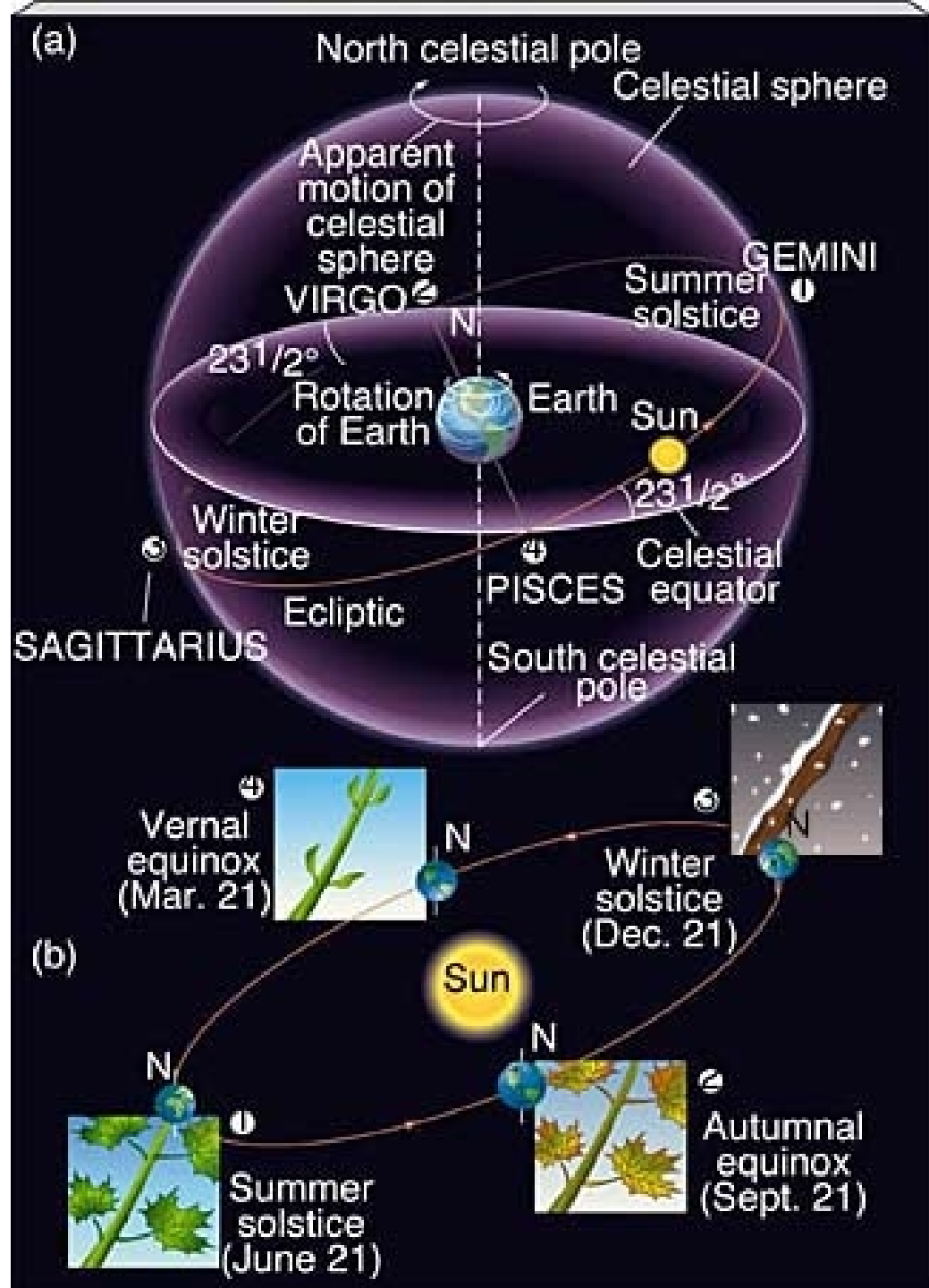
– Rayos Sol  $\perp$   $+\varepsilon = \delta_{\square}$

– Rayos Sol  $\perp$   $-\varepsilon = \delta_{\square}$

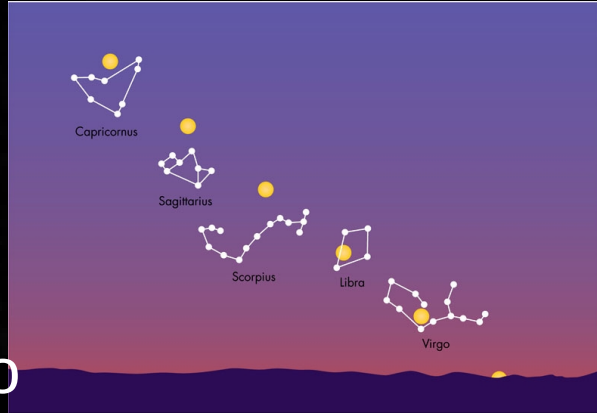
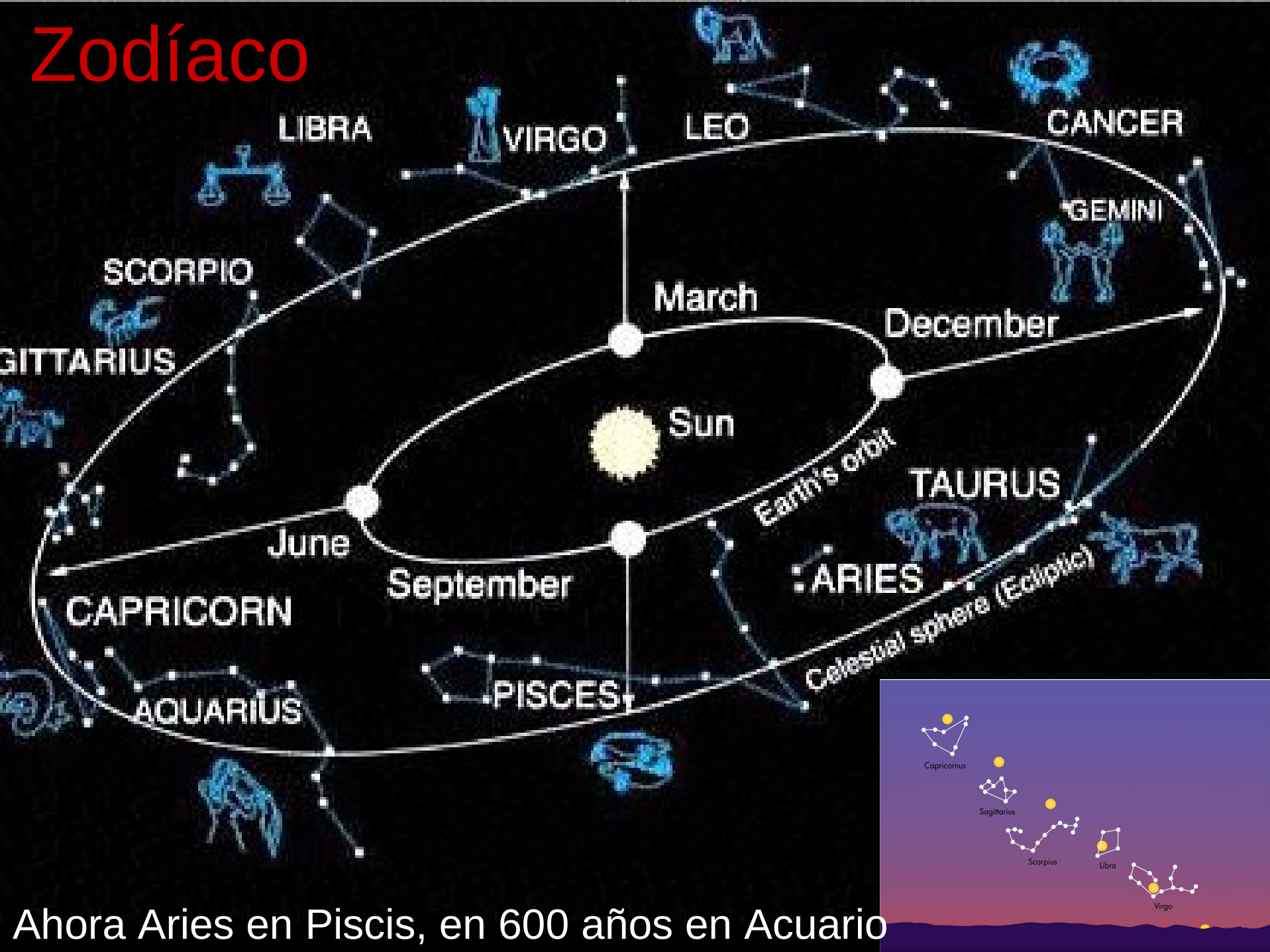


# Movimiento Sol y estaciones

- 21 Marzo: ☉ en ♈ **Aries**  
 $\alpha_{\odot}=0$   $\delta_{\odot}=0$ , día=noche  
– Equinoccio de Primavera  
**Primavera**
- 21 Junio: ☉ en ♋ **Cáncer**  
 $\alpha_{\odot}=6^h$   $\delta_{\odot}=+\epsilon$ , día más largo  
– Solsticio de Verano  
**Verano día>noche**
- 21 Septiembre: ☉ en ♎ **Libra**  
 $\alpha_{\odot}=12^h$   $\delta_{\odot}=0$ , día=noche  
– Equinoccio de Otoño  
**Otoño**
- 21 Diciembre: ☉ en ♏ **Capricornio**  
 $\alpha_{\odot}=18^h$   $\delta_{\odot}=-\epsilon$ , día más corto  
– Solsticio de Invierno  
**Invierno día<noche**



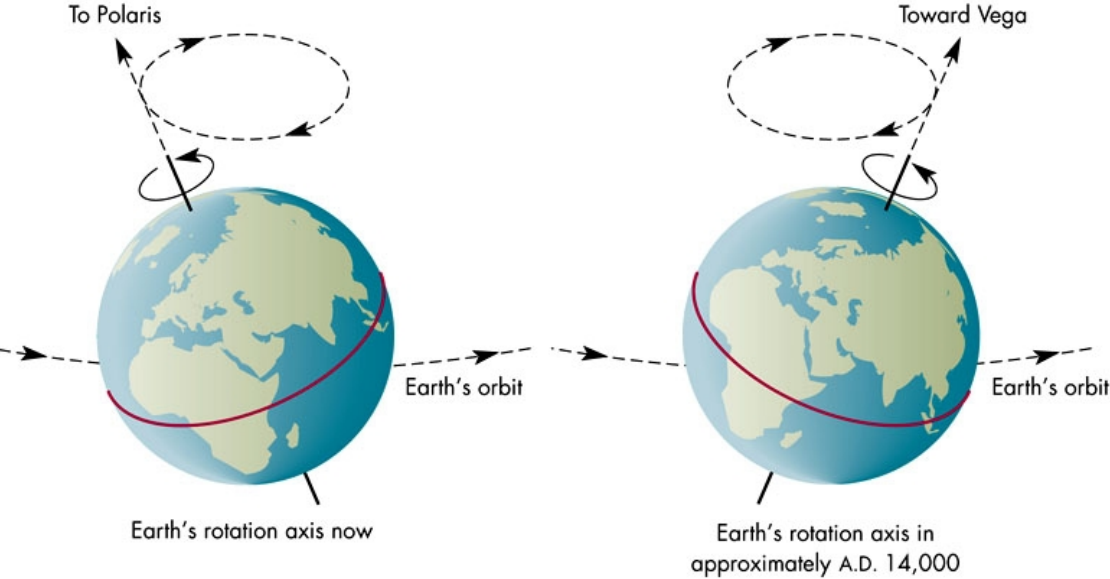
# Zodiaco



Ahora Aries en Piscis, en 600 años en Acuario

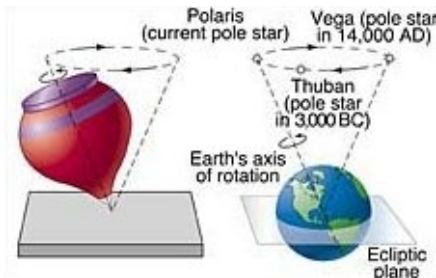
# Precesión

- La Tierra es achatada
- La atracción asimétrica del Sol provoca bamboleo del eje Pola en torno a eje eclíptica.
- $P=25781$  años o  $50'' .27/\text{año}$
- Ahora a  $1^\circ$  de estrella polar, en 12000 años Vega



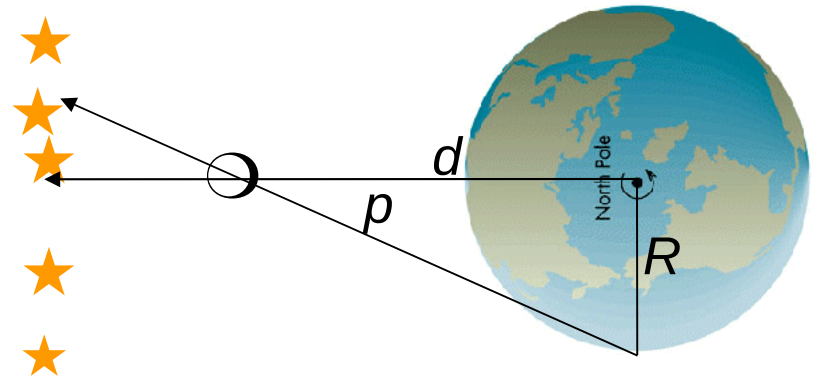
## Nutación

La atracción de la Luna y el Sol cambian constantemente debido al movimiento de ambos y esto provoca pequeñas oscilaciones del eje de rotación de la Tierra



# Paralaje diurna

- Medida del ángulo formado cuando se mira un objeto desde dos puntos diferentes (**línea base**)
- Visión estereoscópica
- Paralaje diurna: objetos Sistema Solar  
 $\tan p = R/d$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{Luna } p=57'' \\ \text{Sol } p=8''.79 \end{array} \right.$
- Para medir objetos fuera del Sistema Solar necesitamos mayor línea base



# Paralaje anual

Utiliza como línea base el diámetro de la órbita de la tierra

$$\tan P = a/d$$

$a$  es 1 UA =  $1.49597870 \times 10^{11}$  m

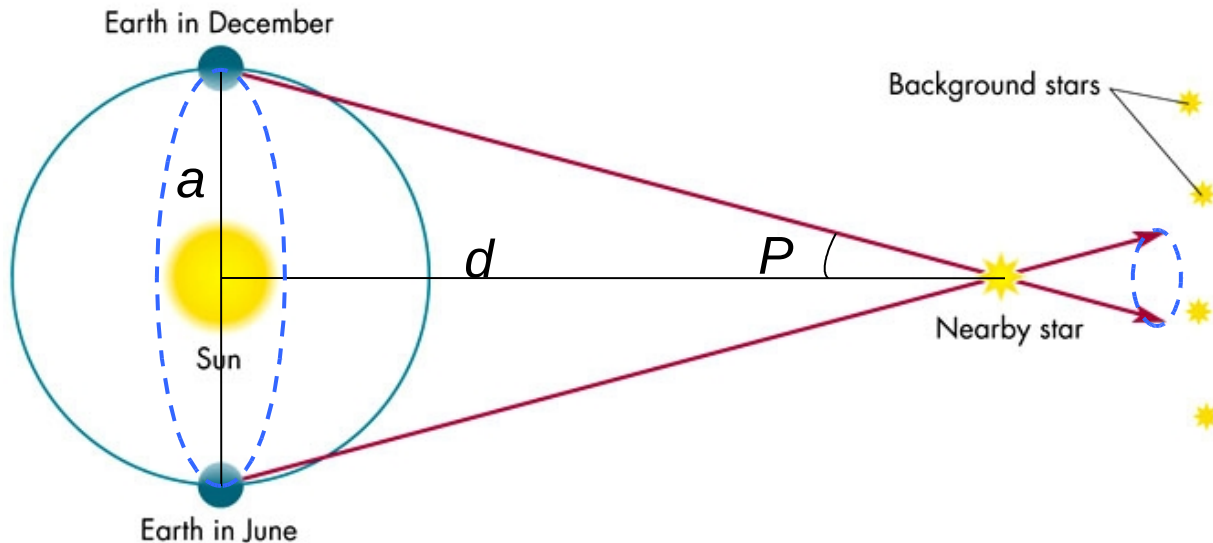
1 parsec (pc):  $d$  tal que  $a$  subtiende 1 segundo de arco

1 pc = 206 265 UA = 3.26 años luz =  $3.086 \times 10^{16}$  m

$$P < 1'' \rightarrow d = a/P \quad \text{ó} \quad d \text{ (pc)} = 1/P (")$$

Bessel (1838): 61 Cyg  $P = 0''.3$ . Próxima Centauri  $P = 0''.76$  (1.31 pc)

- $d < 20$  pc: 900/1200 paralaje desde Tierra
- *Hipparcos* ('90): 100 000  $d < 500$  pc
- *Gaia* (2012): 1% de las estrellas dentro de 5000 pc



June



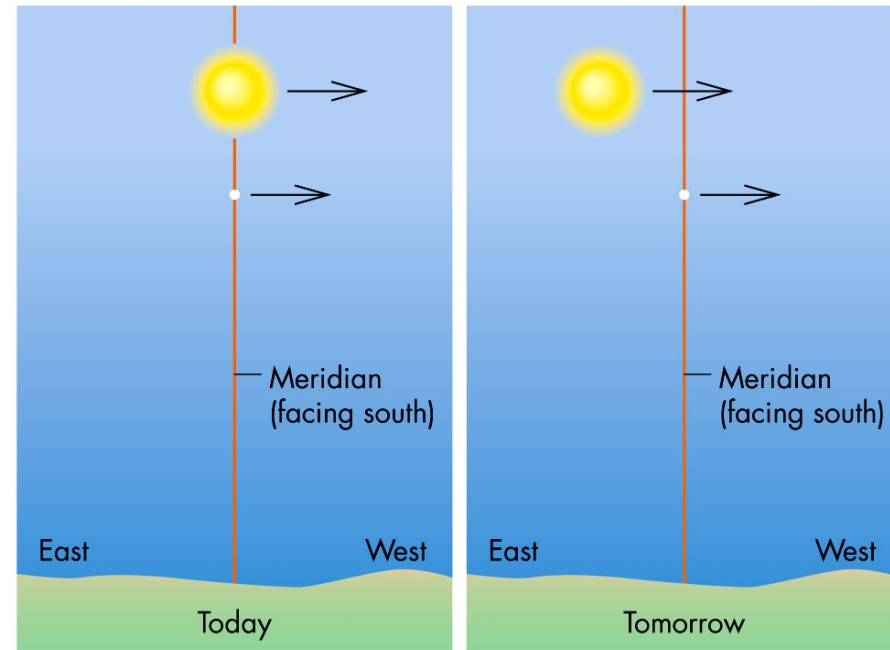
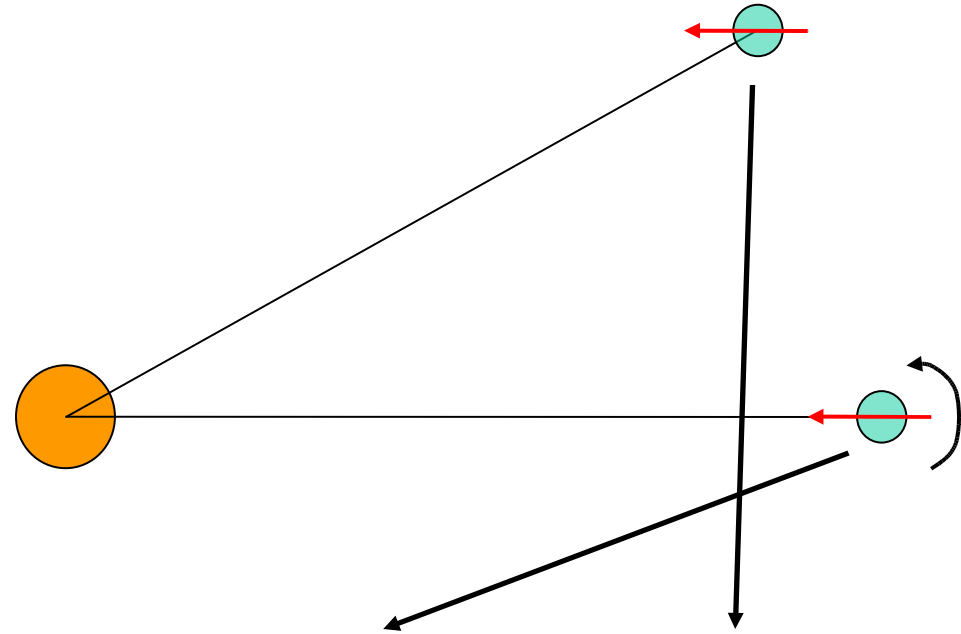
December

# Medida del tiempo

- **Día sideral**: intervalo de tiempo entre dos pasos de una estrella por el meridiano del observador
  - Duración: 23h 56m 4.10s
- **Día sidéreo**: intervalo de tiempo entre dos pasos del punto de Aries por el meridiano del observador
  - Duración: 23h 56m 4.09s
- Diferencia: precesión día sidéreo < día sideral  
 $50''.27/365 \text{ día} = 0''.1377/\text{día} \sim 0.01\text{s}/\text{día}$
- **Día solar verdadero**: intervalo de tiempo entre dos pasos consecutivos del centro del Sol por el meridiano

# Tiempo sidéreo

- 1 día sidéreo es el tiempo que tarda  $\square$  en cruzar dos veces el meridiano del observador
- 1 día solar verdadero es el tiempo que tarda el sol en cruzar dos veces el meridiano del observador
- 1 día solar  $>$  1 día sidéreo
- $\sphericalangle \square \sim 365$  día en  $360^\circ \rightarrow \square$  se mueve  $\sim 1^\circ/\text{día}$  o  $4^m/\text{día}$
- Cuando ha pasado un día sidéreo falta  $4^m$  para que pase un día solar



# Tiempo solar medio

- $P_*$  conveniente pero no regular:
  - Órbita Tierra elipse: velocidad no uniforme
  - Sol se mueve sobre Eclíptica, no sobre Ecuador, luego su Ascensión Recta no varía de manera uniforme
- **Sol medio**: se mueve sobre el Ecuador con velocidad constante
  - Intervalo entre dos pasos del Sol por punto Aries:  
1 año trópico = 365.2422 días = 365d 5h 48m 46s
- **Tiempo medio**: Ángulo Horario del centro del Sol +12h
- Sobre el meridiano de Greenwich: tiempo de Greenwich, tiempo Universal (**UT**) o **GMT** (*Greenwich Mean Time*)
  - En Reino Unido tiempo=UT en invierno, +1 en verano
- **Huso horario**: división superficie Tierra en 24 zonas de 15°
  - divisiones políticas cambian esto un poco
  - Línea de cambio de fecha (+1 si hacia W, -1 si hacia E)

# Calendarios

- **Calendario**: sistema de medida de intervalos largos de tiempo
  - Basados en acontecimientos periódicos: Sol, Luna...
- Calendario Solar basado en año Trópico=365.2422 días
- **Calendario Juliano** (46 a.C.): ciclos de 4 años:  
 $(3 \times 365 + 1 \times 366) / 4 = 365.25$ , 366 días **años bisiestos**
- Con el tiempo serias diferencias con las fechas
  - día de Pascua: primer Domingo después de la primera Luna llena de Primavera
- **Calendario Gregoriano** (1582): ciclos de 400 años:  
 $(303 \times 365 + 97 \times 366) / 400 = 365.2425$ 
  - bisiesto si /4, pero no si /100 salvo que /400
  - se perdieron del 5 al 14 de Octubre de 1582
  - Sólo se pierde un día cada 3333 años

# Constelaciones

- Figuras con las estrellas más brillantes:
  - Griegos 48 (origen Mesopotamia)
  - s. XVII: constelaciones más débiles
  - s. XVIII: constelaciones Sur (Telescopio, Microscopio...)
- Hoy hay 88 constelaciones: 28N, 48S y 12 Zodíaco
  - ~70 desde Europa total o parcialmente
- IAU (1928): fronteras con paralelos y meridianos
- Abreviaturas: UMa, Ori, CMa, CVn...



# Nombres de las estrellas y catálogos

- 130 más brillantes nombre propio:
  - Romanos: Sirio (más brillante), Cástor, Póllux (Gemelos)
  - Griegos: Capella
  - Árabes: Vega, Betelgeuse, Aldebaran, Algol, Rigel
- 6000 con ojo desnudo, se necesita sistema mejor:
  - posición en constelación
  - J. Bayer (1603): letra y genitivo nombre por brillo:  $\alpha$  CMa (Sirio)...
  - J. Flamsteed (1729): # y genitivo (W a E, y N a S): 9 CMa
- s. XIX y XX catálogos: nombre catálogo y número
  - *Bonner Durchmusterung* (BD, 1862-1883): 324 189 estrellas  
BD<Dec> # (BD-16 1591)
  - H. Draper (HD, 1918-1924): 225 300 estrellas  
HD # (HD 48915)
  - Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO, 1960): 258 997 estrellas  
SAO # (SAO 151881)
  - Moderno: código catálogo y posición (1RXS J064509.3-164241)
- Una estrella puede aparecer en más de un catálogo
- Catálogos fotográficos y digitales